

〔特集〕震災を経て考える液体清澄化の新技術と普及の課題

移設可能型排水処理施設の被災地への適用

吉野 正章*

1. はじめに

津波で大きな被害を受けた東北地方では、沿岸部に立地する下水処理場が機能停止となり、復旧に時間がかかる見通しである。気仙沼市では、昨年夏、市内三箇所で仮設の下水処理施設による応急的な対応が行われ、そのうちの一箇所は、処理装置が栃木県内より被災地へ運ばれ、短い工事期間により稼働を開始するなど、機動的な一面を見せている。その技術は、単に移設可能であるばかりでなく、食物連鎖を活用した余剰汚泥の発生を効率的に抑制できる特徴を合わせ持つ。

本稿では、特殊な繊維状担体を用いた多段式接触酸化法（以下、MSABPTTMと呼ぶ）の高効率でかつ汚泥発生の少ない特徴および原理について説明する。また現在稼動中の仮設下水処理施設について述べ、広域的な震災に対応するためには、移設可能型排水処理装置を備蓄することが必要であるとした。

2. 繊維状担体による多段式接触酸化法

2-1. 繊維状担体の効果

接触酸化法は、汚泥濃度管理が不要であるなど維持管理が容易である特徴がある。しかしながら、汚水処理に伴い担体表面の生物膜が肥大化しそぎると、実質的な生物反応槽の容量が減少したり、微生物と酸素および基質との接触効率が低下したりすることにより、処理効率が悪化することから、定期的に逆洗する必要がある。そのため、逆洗用水を貯留する水槽や、洗浄時に発生する逆洗排水を一時的に貯留する水

槽が必要であり、建設費を押し上げる要因となっていた。

繊維状担体を用いた排水処理では、繊維の表面で生物膜が成長するが、生物膜が繊維に付着する面積が小さいために、比較的小さな攪拌力で容易に生物膜を剥離できる特徴がある。また、繊維の束が装置下部からの散気による攪拌により、左右に緩やかに動くため、生物膜の剥離効果が高いと考えられる。その結果、生物膜の剥離が頻繁に起こることにより、逆洗を行わなくても、一定量の微生物が保持される特徴を持つ。図1に、繊維状担体を用いた接触酸化槽を12槽連結した時の各槽の固形物量の一例を示す。図1の通り、汚水が最初に投入される槽の固形物量が最も多く、10,000 mg/Lを超えることが分かる。また、後述の通り、食物連鎖により生物量が徐々に減少していく傾向が見られる。

2-2. 多段式接触酸化法による基質除去効果

図1の通り、繊維状担体は高濃度の微生物を保持できることから、汚水中の有機物を短時間で除去可能である。

図2に8槽の接触酸化槽（計500 L、滞留時間18時間）による下水のベンチスケール実験結果を示す。図2の通り、原水中の溶解性 COD_{Cr} は2槽目で流入水の79%に減少し、効率的に生物処理が行えていることが分かる。

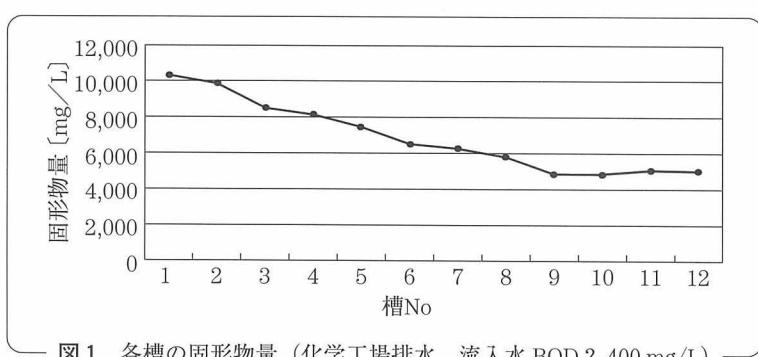


図1 各槽の固形物量（化学工場排水、流入水BOD 2,400 mg/L）

*Masaaki YOSHINO；帝人(株) 新事業開発推進グループ WPT 事業推進班ソリューショングループ

TEL : 03-3506-4593 FAX : 03-3506-4127

e-mail : ma.yoshino@teijin.co.jp

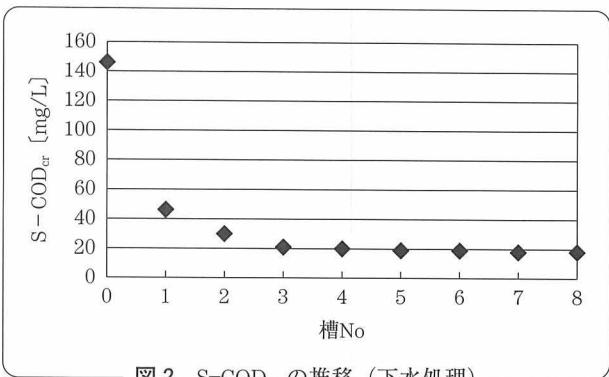


図2 S-COD_{Cr} の推移（下水処理）

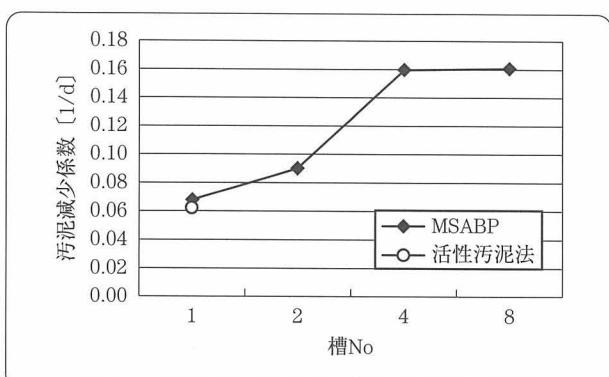


図3 MSABP™における各槽の汚泥減少係数

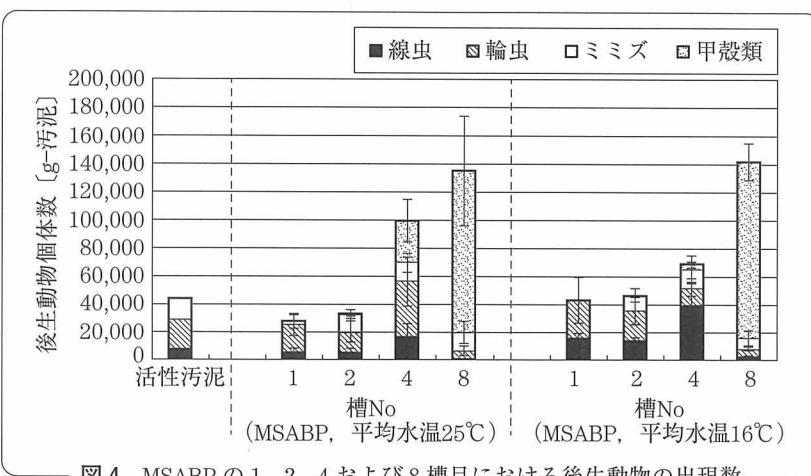


図4 MSABP の 1, 2, 4 および 8 槽目における後生動物の出現数

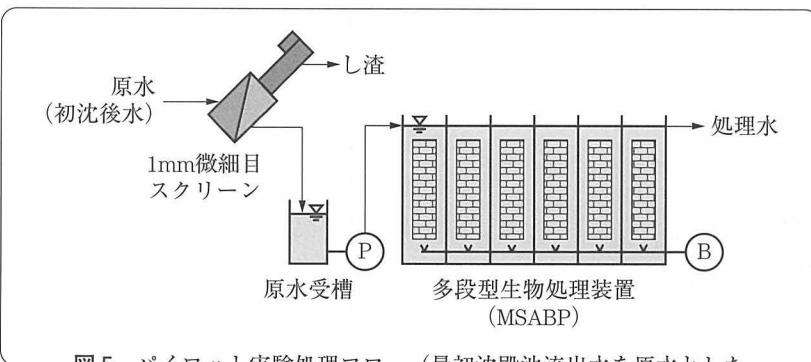


図5 パイロット実験処理フロー（最初沈殿池流出水を原水とした
ケース）

2-3. 回分試験による汚泥量減少速度の調査

汚泥量減少特性の詳細調査のため、各槽の汚泥を採取し、回分試験装置により、水温 24°C での汚泥量減少速度を測定した。比較対照のため、実験を実施した下水処理場内の標準活性汚泥法の汚泥を用いて同様の調査を行った。その結果を図3に示す。各槽の滞留時間は、1, 2, 4 および 8 槽（最終槽）でそれぞれ、2.3, 4.5, 9 および 18 時間である。MSABP の 1 槽目の汚泥減少速度は 0.07 [1/d] であり、標準活性汚泥法の数値と大きな変化はなかったが、2 槽目で 0.09 [1/d] に上昇し、4 槽目で 0.16 [1/d] に達し、以後、高い汚泥減少速度が維持されている傾向が見られた。これは、槽内の微生物相が異なるためと考えられた。そこで装置内の微生物を顕微鏡で観察し、出現数を調査した。一般的に標準活性汚泥中にも原生生物の出現は確認されていることから、本技術の汚泥削減効果は、原生生物よりもさらに高次の微生物である後生動物の影響が大きいと考え、それらの単位汚泥量当たりの個体数を調査した。その結果を図4に示す。

図4の通り、平均水温 25°C において、第4槽および第8槽の後生動物数は第2槽のそれぞれ3倍弱および4倍弱の出現数となった。平均水温 16°C でのデータも同様の傾向を示していた。

一般に、細菌類の収率は 0.5 g/g 程度であるが、後生動物である輪虫類および貧毛類の収率はそれぞれ 0.40 g/g, 0.18 g/g と細菌類よりも小さいことが報告されており¹⁾、汚泥減少速度における後生動物数の関連は極めて大きいと考えられる。

3. パイロット実験

3-1. 概要

処理水量 50~60 m³/日の規模でのパイロット実験を行い、下水処理場のような処理水量の大きな排水処理への適用性について検討した。処理フローを図5に示す。試験装置は、地方共同法人日本下水道事業団技術開発センター（栃木県真岡市）内に設置し、原水は、隣接する下水処理場の最初沈殿池越流水および沈砂池流出水を使用した。生物反応槽は12段とした。汚泥の返送や余剰汚泥の引き抜きは行わず、また、最初沈殿池越流水を用いた実験では、

最終沈殿池は設置していない。

3-2. 試験結果

本装置の有機物除去特性に関する年間データを図6および7に示す。テスト期間中に一度も余剰汚泥引き抜きを行っていないが、最初沈殿池越流水処理と処理場流入水処理どちらもC-BOD \leq 15 mg/Lを安定して達成できた。沈砂池流出水を原水とした実験では、C-BODに対してT-BODが若干高い数値を示しているが、冬季にNH₄-Nが残留し、一部がN-BODとして検出されたことによる。汚泥削減効果としては、標準活性汚泥法と比較して、87%削減（最初沈殿汚泥を含まない）でき、オキシデーションディッチ法と比較して、78%削減できるとの結果が得られた。

4. 被災地への適用

4-1. 仮設下水処理装置としての活用（気仙沼市の事例）

地方共同法人日本下水道事業団との共同研究は2011年3月末で終了の予定であったが、同月11日

に発生した大地震により装置の一部が故障し、事実上10日までのデータを持って実験は終了した。一方、宮城県気仙沼市では、地震および津波により終末処理場が機能を停止したため、市内3箇所で、応急的に仮設下水処理施設により下水を処理する必要に迫られていた。そのうちの1箇所は、被災前は3,000 m³/日を越える下水を終末処理場に送っていたポンプ場であったが、流入汚水量は50 m³/日と推定され、日本下水道事業団との共同研究で使用した装置であっても十分な滞留時間が取れることから、同技術の基質除去能力と汚泥減少効果を考慮し、暫定規制値であるBOD 60 mg/Lを満足すると判断し、装置を無償貸与することになった。

装置は、9月6日に栃木県真岡市の日本下水道事業団技術開発センターから搬出され、9月8日に気仙沼市に到着、その後、配管および電気工事を終え、設置後13日目に種汚泥を添加し、処理体制を整えることができた。現時点でも問題なく処理を継続している。

4-2. 民需への展開

津波により大きな被害を受けた東北地方の太平洋側沿岸部は、国内でも水産物の水揚量が多いことで有名である。津波の被害を受けた水産加工場は、現在、工場を再稼働しつつある。水産加工場の原水水質および放流先は様々であるが、当社のMSABP™は、短い滞留時間であっても、高濃度の微生物を保持できることおよび多段構造により、処理性が高く、かつ汚泥削減効果が高いことから注目を集めている。また、客先の様々な要求に応えるため、処理装置を20 フィートコンテナ（幅2.4 m×奥行き6 m）に収納した試験装置を用意しており、事前の試験を行うことで最適設計を行うことも可能である。大津波により、作業場は鉄筋の骨組みを残し、ことごとく流されたにもかかわらず、コンクリート製の水槽は無事であったというケースが比較的多く、水槽は再び利用し、水槽内への担体を設置したいという問い合わせも多い。

5. 本技術の将来構想

本技術の適用先は、大きく3通りを考えている。一つは、汚泥発生抑制の特徴を最大限活用する方法であり、例えば、MSABP™処理水を下水道に放流する場

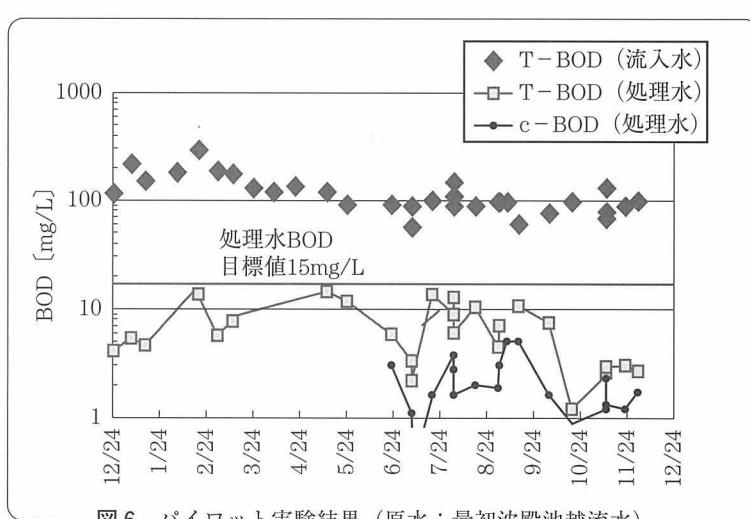


図6 パイロット実験結果（原水：最初沈殿池越流水）

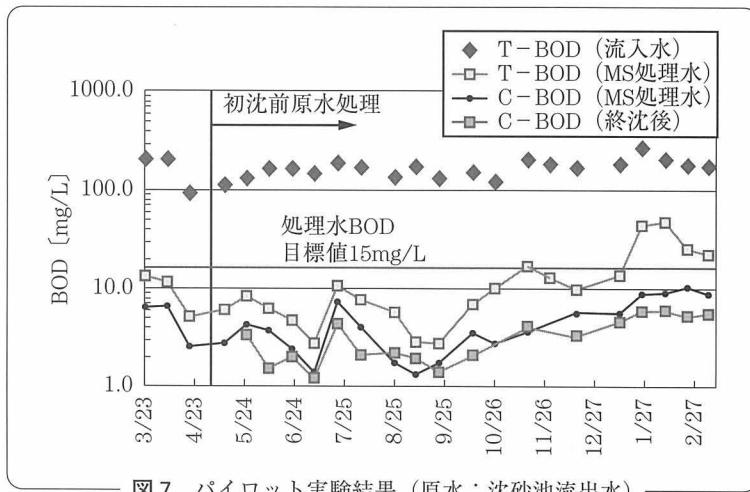


図7 パイロット実験結果（原水：沈砂池流出水）

合が該当する。一般に下水道に放流する際の規制値は、BOD および SS 等であるが、本技術では、溶解性の BOD は効率的に除去できるため、処理水の SS が規制値以下となるよう装置を設計することになる。

次に、担体付着微生物量が多い特徴を活かし、高負荷型の排水処理装置、すなわち設置面積が小さな排水処理装置として適用するケースである。一般に食品工場排水処理等で発

生する汚泥ケーキはコンポスト用に取り引きされることが多いあり、必ずしも汚泥を減らす必要がない。

最後は、将来の大震災に備え、移設可能型の MSABP™ を備蓄するケースである。たとえば、国内の小規模下水処理場では濃縮汚泥を場外へ搬出し、処理・処分する方が経済的である場合が多い。そこへ、同装置を設置し、余剰汚泥削減装置として活用するのである。すなわち、平時には、余剰汚泥削減装置として稼働させ、震災時には、被災地に速やかに運搬し、下水処理場が復旧するまでの間、仮設の

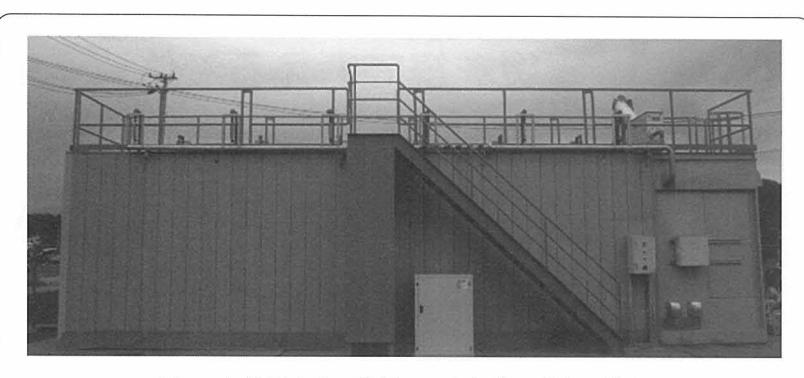


図 8 気仙沼市内に設置された仮設下水処理施設
(最大処理能力 75 m³/d)

下水処理装置として活用するのである。道路、電気および水道などのインフラに比べ、排水処理設備の復旧は時間がかかることが今回の震災で明らかになっており、気仙沼の事例の通り、移設可能型の MSABP™ は極めて短期間で供用を開始できるため、今後、最も期待する適用例と考えている。

〈参考文献〉

- 1) (社)日本下水道協会: 下水道設計計画・設計指針と解説 後編 (2009)

○ P&P Info. ○

ロータリーポンプ「MM/MO」シリーズ

ナカキンポンプは、ポンプ内部が移送液の滞留を抑えた設計になっており、CIP 洗浄に適した構造で、安全と高性能の両立が達成されたサニタリーポンプ（写真）。接液部分は、ローター（回転体）ケーシングの間に 70 μm 程度のクリアランス（隙間）を設けている。この極小のクリアランスを維持することにより、ローターとケーシングが接触して発生する異物混入もなく、また、接触部の焼き付きによるポンプの停止リスクを抑えるとともに、部品消耗も少なくポンプ寿命が長くなり、結果、ランニングコストの低減も図れる。

これらの長所を可能にしている要因の一つに、ナカキンの特殊な材料（ナカムラメタル）の採用がある。ポンプのローターに通常の

ステンレス材とは熱膨張率の異なるステンレス材（ナカムラメタル No. 3）を採用することで、今までの非接触式ポンプにはない、吐出力、吸引力・定量性等、高い性能と高品質を可能にしている。

〈特 長〉

- 1) 分解・組み付けが非常に簡単で、分解洗浄も短時間で実施できる
- 2) 低粘度から高粘度までの送液が可能で、かつ製品中の固形分を破壊せずに送液できる
- 3) 最大吐出圧力は、2型：0.5 MPa、4型：0.7 MPa。また、生産能力の切り替えや下流側装置の切り替えなどによる背圧変動にもかかわらず高い定量性を得ることができる
- 4) 耐熱温度は、標準仕様で

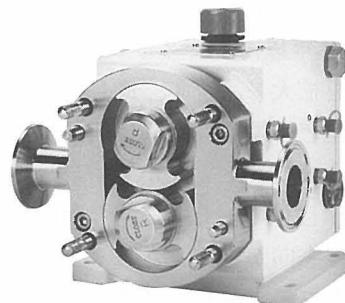


写真 MM/MO シリーズ

- 95°C、最高仕様で 150°C
5) 自吸式で負圧タンクからの抜き出しポンプとしても使用可能
6) 用途は、ほとんどの食品の原材料、加工製品から化粧品、医薬品、石油化学品まで

株式会社 ナカキン
東京営業所 〒136-0071 東京都江東区亀戸 1-8-7 TEL: 03-5609-7201
大阪営業所 TEL: 072-859-1771
<http://www.nakakinpump.jp/>

〈資料請求番号: 3107〉